6/97-Se-

Mode d'emploi **664 430**
Instrucciones de servicio **664 431**
664 432

"Sources d'énergie alternatives"
Eolienne **664 430**
Cellule solaire **664 431**
Cellule électrolytique **664 432**

"Fuentes alternativas de energía"
Hélice eólica **664 430**
Celda solar **664 431**
Celda electrolítica **664 432**

Les alternatives à l'utilisation croissante de combustibles fossiles tels que le pétrole, le charbon et le gaz naturel entrent de plus en plus souvent en ligne de compte. Il en va de même pour la substitution de l'énergie nucléaire à laquelle s'associent des nuisances, des dangers ainsi qu'une atteinte à l'homme et à l'environnement.

Après avoir été converties en énergie électrique, les énergies solaire et éolienne disponibles dans nos latitudes peuvent contribuer à la couverture, ne serait-ce que partielle, des besoins énergétiques locaux. La conversion et le stockage de l'énergie électrique ainsi obtenue sous forme d'énergie chimique (hydrogène) prend aussi de plus en plus d'importance.

Obtenu par hydrolyse de l'eau, l'hydrogène est ainsi à disposition dans des quantités quasi-illimitées (pas de problème de matières premières) et brûle en délivrant de l'énergie pour finalement redevenir de l'eau (pas de pollution). Suivant la combustion, il peut soit fournir de l'énergie thermique (pour le chauffage) ou de l'énergie mécanique (pour l'entraînement des moteurs), soit être reconverti par des cellules électrochimiques en courant électrique. Tous ces avantages font de l'hydrogène le substitut potentiel des combustibles fossibles – pétrole, charbon et gaz naturel – d'une part nuisibles à l'environnement, d'autre part de plus en plus rares; cette hypothèse sera vraisemblablement confirmée dans les décennies à venir.

Las fuentes alternativas de energía cobran cada vez más importancia, ante el uso creciente de carburantes fósiles como el petróleo, carbón y gas natural, así como la energía atómica y los riesgos y perjuicios para el medio ambiente y el hombre que su uso conlleva.

En nuestras latitudes desponemos también de una amplia oferta de energía eólica y solar, las cuales se pueden convertir en energía eléctrica para cubrir una parte de los requerimientos de energía, sobre todo a nivel regional. También cobra cada día más importancia la trasformación y el almacenamiento de la energía eléctrica así obtenida, en energía química en forma de hidrógeno.

Mediante la electrólisis del agua se dispone de una fuente prácticamente inagotable de hidrógeno (no hay problemas de reservas), que al quemarse – liberando energía – se convierte de nuevo en agua (no hay problemas ambientales). Mediante una combustión selectiva se puede suministrar energía térmica (p.ej. para calefacción) o mecánica (p.ej. para accionar motores) os se puede convertir de nuevo en energía eléctrica mediante celdas electroquímicas. Debido a estas ventajas, en los próximos decenios, el hidrógeno tiene todas las opciones de convertirse en la mejor alternativa para reemplazar a los combustibles fósiles petróleo, carbón y gas natural, nocivos para el ambiente y cada vez más escasos.

1 Eolienne (664 430)

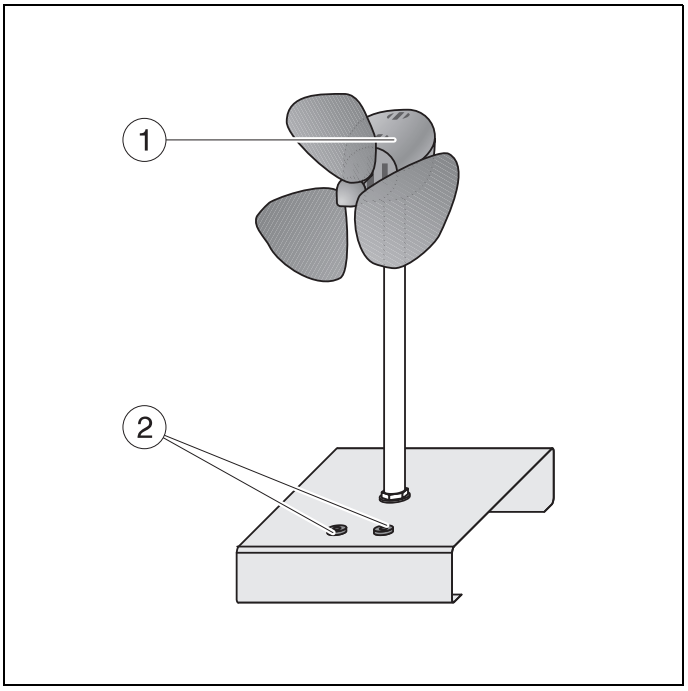

Fig. 1
Eolienne (664 430)

1.1 Description

① moteur/éolienne

② douilles de connexion (2 x 4 mm) pour la cellule solaire, la cellule électrolytique ou le multimètre

L'éolienne a deux fonctions:

En tant que génératrice éolienne, elle peut générer un courant électrique par une rotation rapide de l'hélice provoquée par un vent fort obtenu par ex. à l'aide d'un sèche-cheveux (666 735). Le courant ainsi résultant peut être mis en évidence par la mesure successive de la tension et de l'intensité du courant avec un multimètre, relié aux douilles de connexion ②, par ex. le multimètre numérique pour élèves (531 17), le multimètre numérique (667 908) ou le multimètre numérique (version CPS) (666 453). Il est aussi possible de rendre ce courant visible par une production de gaz qui a lieu dans la cellule électrolytique (664 432) que l'on a raccordée.

Il s'agit ici de la conversion de l'énergie (éolienne) mécanique en énergie électrique et chimique.

Mais inversement, l'éolienne peut également fonctionner en moteur par une alimentation en courant électrique assurée par ex. par la cellule solaire (664 431). Dans ce cas, l'énergie électrique est convertie en énergie mécanique.

1.2 Caractéristiques techniques

Fonctionnement en éolienne:

U_{max}:	3 V
I_{max}:	70 mA

Fonctionnement en moteur:

U_{max}:	12 V
Dimensions:	280 x 160 x 125 mm
Poids:	630 g

1 Rueda eólica (664 430)

Fig. 1
Eolienne (664 430)
Rueda eólica (664 430)

1.1 Descripción

① Motor/rueda eólica

② 2 Clavijeros de conexión (4mm) para celdas solares, celda electrolítica o multímetro

La rueda eólica cumple dos funciones:

Por un lado, se puede usar como un generador eólico de corriente eléctrica, haciéndola girar rápidamente mediante una fuerte corriente de aire, por ejemplo con un secador de cabello (666 735). La corriente generada se puede comprobar conectando a los clavijeros de conexión ② un multímetro – p.ej. el multímetro digital para el salón de clase (531 17), el multímetro digital (667 908) ó el multímetro digital (666 453) (versión CPS) – y midiendo consecutivamente la tensión y la intensidad de la corriente. O se puede visualizar a través de la producción de gas que ocurre en la celda electrolítica conectada (664 432).

Aquí, la energía mecánica (eólica) se trasforma en energía química y eléctrica.

Por otro lado, la rueda se puede operar a la inversa como motor, mediante el suministro de corriente eléctrica, por ejemplo, desde la celda solar (664 431). En este caso la energía eléctrica se convierte en energía mecánica.

1.2 Datos técnicos

Operada como rueda eólica

U_{max}:	3 V
I_{max}:	70 mA

Operada como motor:

U_{max}:	12 V
Dimensiones:	280 x 160 x 125 mm
Peso:	630 g

2 Cellule solaire (664 431)

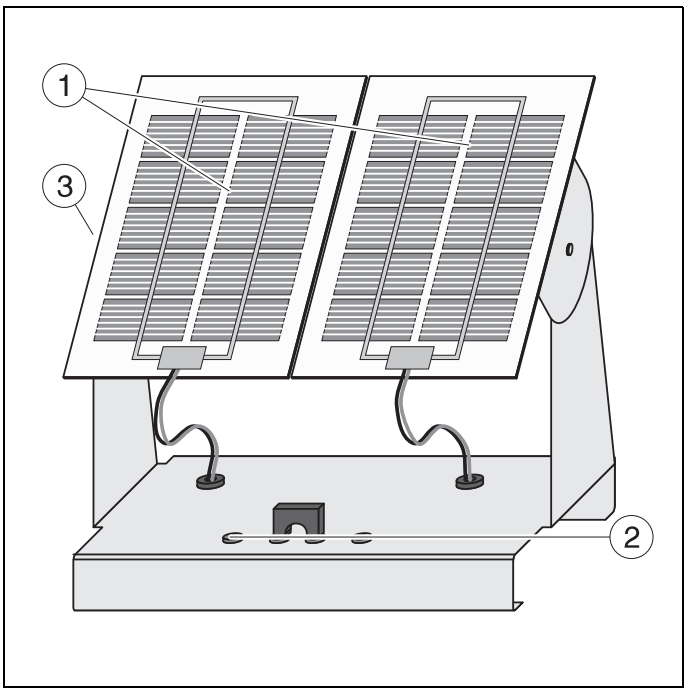

Fig. 2
Cellule solaire (664 431)
Celda solar (664 431)

2.1 Description

① cellules solaires
② douilles de connexion (4 x 4 mm) pour le prélèvement du courant solaire
③ Echelle pour le relevé de l'angle d'inclinaison

La cellule solaire démontre la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique.

Elle est constituée de deux petits modules pouvant être branchés au choix en parallèle ou en série. Cela permet d'obtenir soit un courant double (max. 600 mA), soit une tension double (max. 11 V). Dans le cas du montage en série, les deux douilles centrales de sortie sont pontées par la fiche de court-circuitage incluse dans la référence.

Mais il est également possible d'utiliser les deux modules indépendamment l'un de l'autre (2 fois max. 5,5 V) en vue d'un entraînement simultané de la cellule électrolytique et de l'éolienne.

La puissance de la cellule solaire est conçue de façon à ce qu'il soit délivré un courant suffisamment important, par ex. pour la cellule électrolytique, même dans le cas de rayons solaires indirects (lumière diffuse) – comme cela arrive souvent en réalité. (Lorsque le ciel est couvert, il faudra éventuellement placer la cellule solaire devant la fenêtre ouverte car les vitres en verre isolant retiennent une grande partie des rayons ultraviolets de la lumière solaire; si besoin est, la cellule solaire pourra également être éclairée par une lampe incandescente.)

L'échelle angulaire placée sur le côté permet de relever l'angle d'inclinaison de la cellule solaire. L'angle d'inclinaison optimal (associé à l'orientation dans une direction céleste précise) dépend de l'emplacement, de la saison et du moment de la journée (position du soleil) et conserve la même valeur pour de grosses installations solaires. Pour déterminer l'angle d'inclinaison optimal dans le cas de la cellule solaire (664 431), il suffit de brancher un multimètre en ampèremètre directement à la sortie de l'une ou l'autre des cellules (+ fiche de court-circuitage) et de soumettre la cellule solaire à l'inclinaison pour laquelle est mesuré le courant le plus fort. (En Europe centrale, le soleil est au sud à environ 65° au-dessus de l'horizont, au nord à 60°. En hiver, l'inclinaison est de 20° au sud et de 15° au nord).

2 Celda solar (664 431)

2.1 Descripción

① Celdas solares
② Clavijeros de conexión (4 x 4 mm) para salida de corriente
③ Escala para la lectura del ángulo de inclinación

Mediante la celda solar se demuestra la trasformación de la energía solar en energía eléctrica.

La celda consta de dos pequeños módulos, los cuales se pueden conectar optativamente en serie o en paralelo. De este modo se puede obtener el doble de corriente (max. 600 mA) o el doble de tensión (max. 11 V). Para la conexión en serie se puentean los dos clavijeros de salida del medio con el conector de cortocircuito incluido en el volumen de suministro.

Los dos módulos también se pueden utilizar individualmente (2 x max. 5,5 V), por ejemplo, para operar simultáneamente la celda electrolítica y la rueda eólica.

La celda se ha diseñado de tal manera que – tal como ocurre en la realidad – aun con radiación indirecta (luz difusa) se genere la suficiente cantidad de energía, por ejemplo, para operar la celda electrolítica. En algunos casos, cuando el cielo esté nublado, tal vez será necesario colocar la celda delante de una ventana abierta, debido a que, especialmente en ventanas aislantes de vidrio, se retiene una gran porción de los rayos UV de la luz solar. También es posible operar la celda con una lámpara incandescente.

Con la escala angular graduada colocada lateralmente, se puede leer la inclinación de la celda con respecto a la horizontal. El ángulo óptimo de inclinación, junto con la colocación en una determinada dirección cardinal, dependen del sitio, de la hora y de la estación del año (altura del sol). Esto es válido igualmente para instalaciones solares mayores. El ángulo óptimo de inclinación para la celda solar (664 431) se puede determinar muy fácilmente, conectando un múltímetro como amperímetro directamente con la salida de uno o de ambos módulos (más el conector puente) y colocando la celda en la posición en la que se mida la mayor intensidad del flujo de corriente. En Europa Central el sol se encuentra en el sur a 65° sobre el horizonte, mientras que en el norte a 60°. Durante el invierno los valores de dicha inclinación cambian a 20° y 15° respectivamente.

2.1.1 Caractéristiques techniques (par cellule solaire)

Intensité lumineuse [klx]	10	20	30	50
U_{max} [V]	5,1	5,4	5,4	5,7
I_{max} [mA]	70	150	300	400

Angle d'inclinaison: 0 ... 90°
Dimensions: 250 x 160 x 250 mm
Poids: 1,6 kg

3 Cellule électrolytique (664 432)

La cellule électrolytique compacte (664 432) démontre la conversion de l'énergie électrique en énergie chimique. En plus de l'oxygène, il se produit de l'hydrogène comme «porteur d'énergie alternatif».

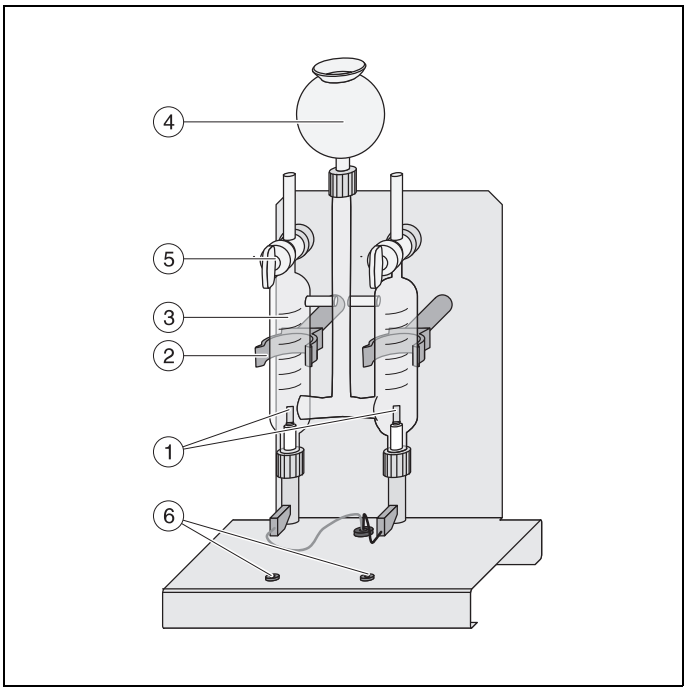

Fig. 3
Cellule électrolytique (664 432)

3.1 Description

① Electrode de platine
② Pinces à ressort pour la fixation de l'élément en verre
③ Elément en verre gradué
④ Récipient pour électrolyte
⑤ Robinets pour évacuation des gaz
⑥ Douilles de connexion (2 x 4 mm) pour la cellule solaire ou l'éolienne

3.2 Remarques de sécurité

⚠ Il est recommandé de porter des lunettes de protection pour remplir la cellule avec l'électrolyte caustique (acide sulfurique ou soude caustique)! Il en est de même lors de l'évacuation des gaz (risque de projection d'acide ou de soude).

2.1.1 Datos técnicos (para cada celda solar)

Luminosidad [klx]	10	20	30	50
U_{max} [V]	5,1	5,4	5,4	5,7
I_{max} [mA]	70	150	300	400

Angulo de inclinación: 0 ... 90°
Dimensiones: 250 x 160 x 250 mm
Peso: 1,6 kg

3 Celda electrolítica (664 432)

La celda electrolítica compacta (664 432) demuestra la trasformación de la energía eléctrica en energía química. Junto al hidrógeno, se produce también oxígeno como "agente alternativo de energía".

Fig. 3
Celda electrolítica (664 432)

3.1 Descripción

① Electrodos de platino
② Pinza con muelle para la fijación de la pieza de vidrio
③ Pieza de vidrio con graduación
④ Recipiente para el almacenamiento y llenado del electrolito
⑤ Llave para la salida de gases
⑥ Clavijeros de conexión (2 x 4 mm) para la conexión de la celda solar o de la rueda eólica

3.2 Instrucciones de seguridad

⚠ ¡Utilice lentes al llenar los electrolitos (ácido sulfúrico o soda caústica), pues estos son corrosivos¡ lo mismo vale cuando se liberan gases, debido al peligro de que salten gotas de ácido o de soda.

Fixer la cellule électrolytique (élément en verre) au support à l'aide de deux pinces à ressort ②. Enficher les deux électrodes de platine ① dans les bouchons filetés pourvus d'un joint et les insérer ensuite par le bas dans les deux bras de l'appareillage en verre. Bien visser les bouchons filetés dans l'élément en verre jusqu'à obtention d'une parfaite étanchéité. Enficher les deux fiches centrales du pied dans les douilles de connexion des électrodes.

Verser prudemment l'électrolyte par le biais du récipient de remplissage ④, les robinets ⑤ étant ouverts. La solution la mieux appropriée est l'acide sulfurique à env. 30%. La soude caustique convient moins bien étant donné qu'elle se trouble au cours de l'électrolyse et que les robinets en verre se bloquent. Il ne faudra verser de l'électrolyte que jusqu'au niveau des deux robinets, pas plus haut, car il risquerait sinon d'y avoir des projections d'électrolyte en cas d'évacuation trop rapide des gaz. Le récipient de remplissage ④ sert aussi de réservoir dans lequel s'assemble l'électrolyte rejeté pendant l'électrolyse.

Les échelles permettent de relever le volume généré d'hydrogène et d'oxygène. (Le rapport exact $H_2 : O_2 = 2:1$ n'est pas tout à fait atteint du fait que la solubilité n'est pas la même pour les deux gaz).

Les gaz générés peuvent être mis en évidence qualitativement par l'expérience du gaz oxhydrique (hydrogène) ou par celle de la décharge lumineuse (oxygène). Il est aussi éventuellement possible de faire écouler l'hydrogène (sans composante d'air!) par un mince capillaire relié à l'ouverture d'échappement du robinet et de l'enflammer.

La cellule électrolytique compacte (664 432) peut aussi être utilisée à la pace de l'appareil à électrolyse de l'eau selon Hoffmann (664 350).

4 Autres expériences quantiatives

Le matériel relatif au thème «Energies alternatives» permet de réaliser les expériences quantitatives suivantes en plus de celles décrites précédemment:

- Détermination de la tension à vide de la cellule solaire pour différents éclairages.
- Détermination du courant de court-circuit de la cellule solaire pour différents éclairages.
- Détermination de la puissance maximale de la cellule solaire par sollicitation avec diverses résistances (ou par ex. avec l'unité de résistance 664 406) et par mesure simultanée de la tension et de l'intensité du courant. Le produit maximal de la tension et de l'intensité du courant obtenu par cette série de mesures correspond à la puissance maximale de la cellule solaire. Les mesures doivent être effectuées à éclairage constant (cf. remarque bibliographique).
- Détermination du rendement de la cellule solaire:
  L'énergie rayonnante qui fait incidence sur la cellule solaire peut être déterminée après absorption sur un corps noir de même surface de rayonnement sous forme d'énergie thermique. Le quotient établi à partir de l'énergie électrique obtenue et de l'énergie rayonnante déterminée donne le rendement de la cellule solaire.
  Il faut toutefois observer que la puissance d'une cellule solaire dépend également du spectre de rayonnement. Le résultat obtenu avec de la lumière solaire est donc en principe meilleur que celui obtenu avec la lumière d'une lampe à incandescence à haute composante en infrarouges.
- Détermination du rendement de la cellule électrolytique:
  L'énergie électrique utilisée dans ce cas (tension x intensité du courant x temps; unité: par ex. Ws) est mise en rapport avec l'hydrogène généré. La quantité d'hydrogène pouvant être théoriquement générée peut être calculée selon la loi de Faraday.

La celda electrolítica (pieza de vidrio) se fija a la varilla de soporte mediante dos pinzas con muelle ②. Los dos electrodos de platino ① se cubren con la caperuza roscada con el anillo de empaquetadura y luego se introducen por debajo de los dos brazos del aparejo de vidrio. Los dos caperuzas roscadas se aprietan contra la pieza de vidrio de tal manera que se obtenga una unión hermética. Los dos conectores que salen de la varilla de soporte se conectan lateralmente en los clavijeros de conexión de los electrodos.

Luego, con sumo cuidado y con la llave ⑤ abierta, se llena el electrolito a través del recipiente de llenado ④. Lo más adecuado es usar ácido sulfúrico al 30%. No es recomendable el empleo de soda caústica, debido a que en el transcurso de la electrolisis se puede presentar turbiedad y las llaves se pueden obstruir. El electrolíto se debe llenar solamente hasta el nivel de las dos llaves y en ningun caso se lo debe sobrepasar, debido a que si se produce gas muy rápidamente, el electrolito puede saltar afuera. El recipiente de llenado ④ sirve igualmente como recipiente de almacenamiento, en el cual se colecta el electrolito despazado durante la electrolisis.

El volumen del hidrógeno o del oxígeno producido durante la electrolisis se puede leer en la escala. No se alcanza la proporción exacta 2:1 entre el H_2 y el O_2 debido a las diferentes solubilidades de los gases en el electrolito.

La verificación cualitativa de los gases producidos se puede efectuar mediante la prueba de gas detonante para el hidrógeno o mediante una astilla incandescente para el oxígeno. También se puede extraer el hidrógeno (no mezclado con el aire) e inflamarlo a través de un capilar fino conectado a la salida de la llave.

La celda electrolítica compacta (664 432) se puede usar en lugar del aparato de Hoffmann (664 350) para la electólisis del agua.

4 Otros ensayos cuantitativos

Además de los experimentos ya descritos es posible realizar otros con los equipos sobre "Fuentes alternativas de energía".

- Determinación de la tensión en vacío de la celda solar para diferentes luminosidades.
- Determinación de la corriente de cortocircuito de la celda solar para diferentes luminosidades.
- Determinación de la potencia máxima de la celda solar mediante cargas con diferentes resistencias (o con el elemento de carga regulable 664 406) y medición simultánea de la corriente y de la tensión. El mayor producto entre la tensión y la corriente obtenido de esta serie de medición, corresponde a la máxima potencia de la celda solar. Las mediciones se deben efectuar con luminosidad constante.
- Determinación de la eficiencia de la celda solar.
  La energía de radiación incidente sobre la celda solar se puede determinar como energía calórica absorbida por un cuerpo negro con igual superficie de radiación. El cociente entre la energía eléctrica obtenida y la energía de la radiación determinada nos da la eficiencia de la celda solar.
  Se debe tener en cuenta que la potencia de una celda solar depende también del espectro de radiación. Así, con luz solar se obtiene un resultado mejor que con la luz de una lámpara incandescente con una fracción alta de luz infraroja.
- Determinación de la eficiencia de la celda electrolítica.
  La energía eléctrica empleada se relaciona con la cantidad de hidrógeno producido. La cantidad teórica de hidrógeno se calcula a partir de la ley de Faraday.

Pour la démonstration de la reconversion de l'hydrogène en énergie électrique, il est possible d'utiliser la pile à combustible H_2/O_2 (664 409).

Remarque bibliographique

Pour toute description détaillée relative à la détermination du rendement de piles à combustibles ainsi que pour la mesure et l'adaptation de la puissance, veuillez vous référer par ex. au manuel Energie, volume 2: Energies alternatives (599 651; en allemand)

Para demostrar la reconversión del hidrógeno en energía eléctrica puede utilizarse la celda de combustión H_2/O_2 (664 409).

Bibliografía recomendada

- Para explicaciones más detalladas referentes tanto a la determinación del rendimiento de las celdas solares como a la medición y ajuste de la potencia de las mismas véase, por ej., en las instrucciones de los experimentos de Energía el tomo 2: Fuentes Alternativas de Energía (599 651)

LEYBOLD DIDACTIC GMBH · Leyboldstrasse 1 · D-50354 Hürth · Phone (02233) 604-0 · Telefax (02233) 604-222 · Telex 17 223 332 LHPCGN D
© by Leybold Didactic GmbH
Printed in the Federal Republic of Germany
Technical alterations reserved